

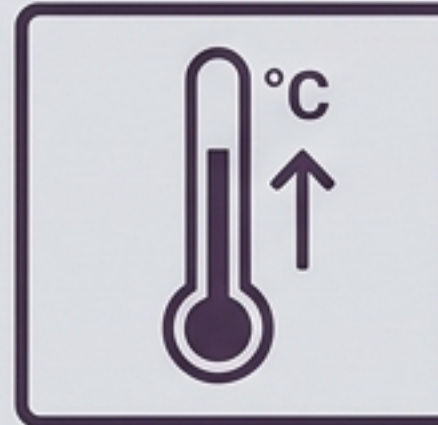


Časovna leča: Skriti vrhovi alpskih poplav

Kako urni podatki podirajo obstoječe inženirske modele tveganja v podnebno spremenjenem svetu.

Temelji na analizi 384 alpskih povodij z uporabo 50-članskega podnebne ansambla.

Prevladujoča paradigma: "Toplejše podnebje pomeni manjše poplave"



Dvig globalne
temperature



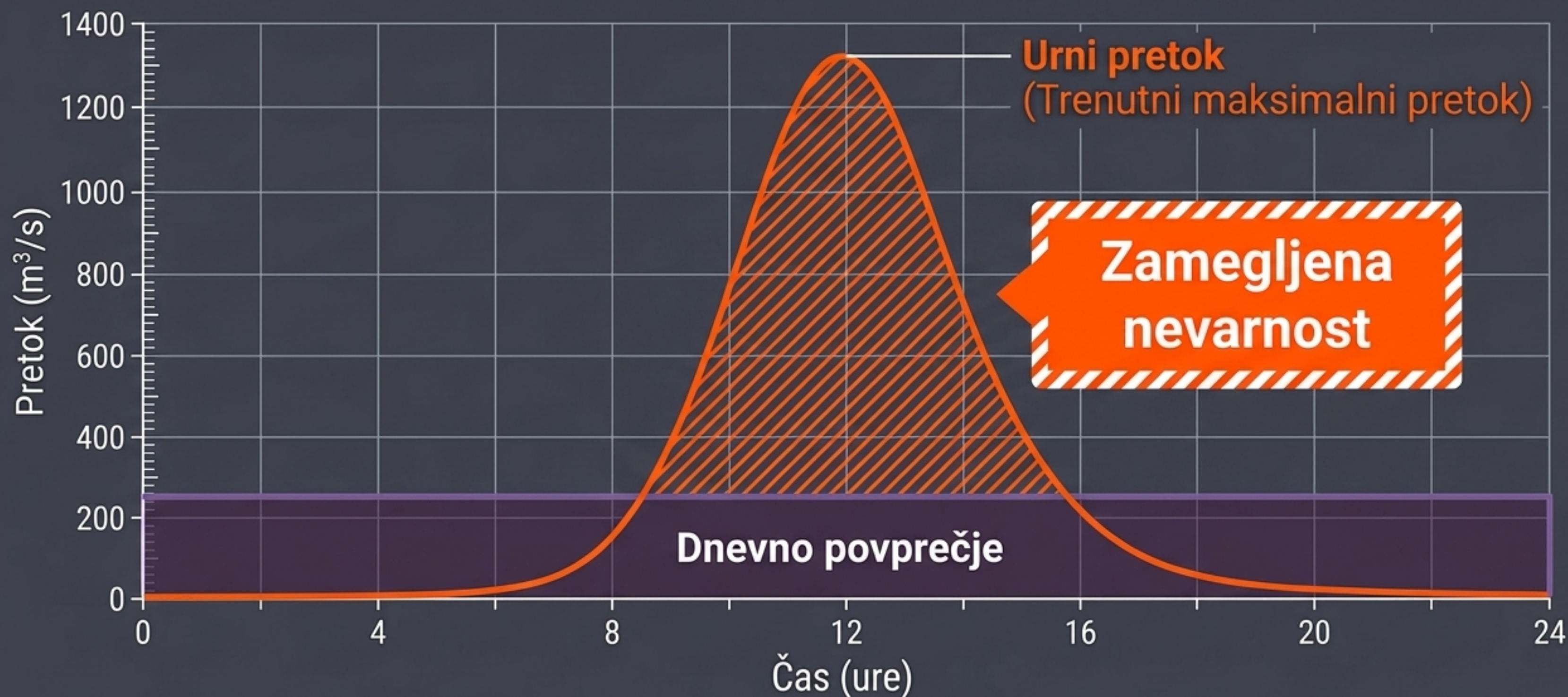
Manj snežne odeje in
zgodnejše taljenje snega



Zmanjšanje ekstremnih
pretokov rek v alpskih povodjih

**Obstaja razlog, zakaj
ta model kaže
zmanjšanje tveganja:
večina dosedanjih ocen
vplivov na poplave
temelji izključno na
dnevni časovni
ločljivosti podatkov.**

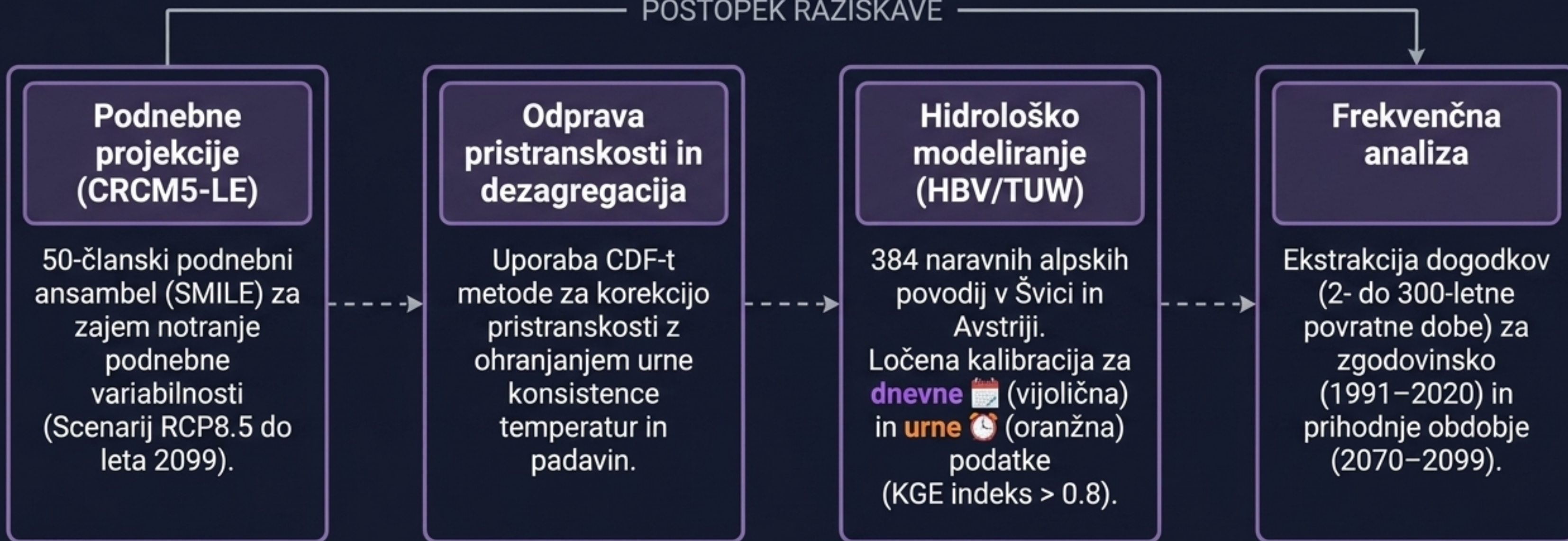
Dnevno povprečenje je inženirska slepa pega



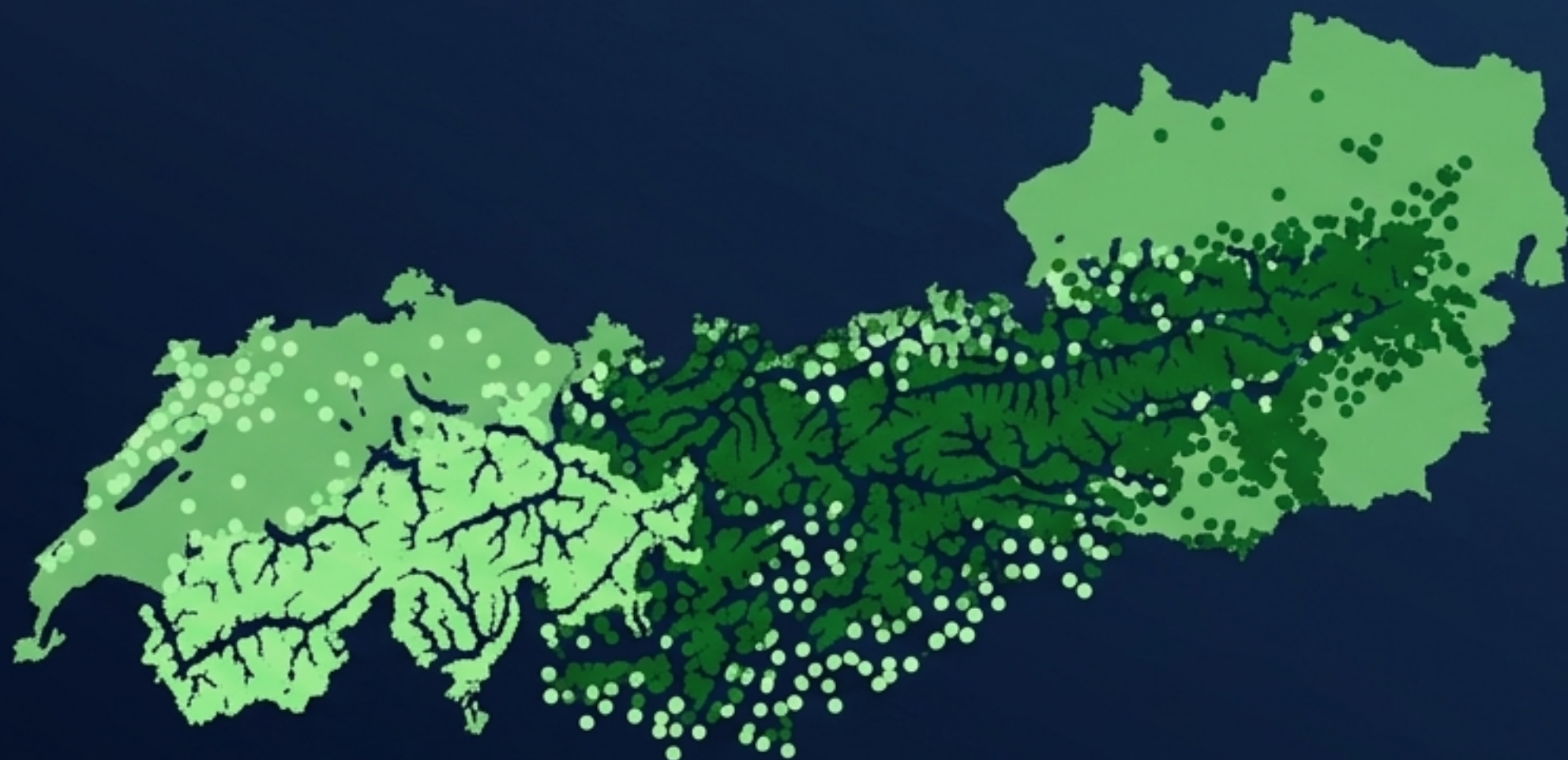
Pri podnebnih spremembah se urni padavinski ekstremi povečujejo za 7 do 14 % na stopinjo segrevanja (hitreje kot dnevni). Dnevni modeli ta sunek dobesedno odrežejo.

Arhitektura raziskave: Od podnebnega modela do frekvenčne analize

POSTOPEK RAZISKAVE



Prostorski kontekst: Geometrija 384 alpskih povodij



Šibko snežna povodja
($< 30\%$ snega)



Močno snežna povodja
($> 30\%$ snega)

Parametri sistema:

1

Brez velikih ledenikov
($< 10\%$ površine).

2

Brez večjih antropogenih
vplivov (brez hidroakumulacij,
ki bi umetno uravnavale pretok).

3

Ključna spremenljivka za
klasifikacijo obnašanja:
Delež padavin v obliki snega.

Diagnostična matrika: Magnituda prihodnjih poplav

Dnevni model	Urni model
Močno snežna povodja: Napoveduje upad magnitude poplav za 4 do 19 % (zavrnjeno tveganje).	Močno snežna povodja: Zmanjšanje se močno ublaži ali celo prevesi v rast ekstremnih (100-letnih) poplav do +11 %.
Šibko snežna povodja: Zmerna rast (4 do 8 %).	Šibko snežna povodja: Močna rast (9 do 19 %).

Razlika v signalu magnitude med ločljivostma dosega medianih 10 % (šibko snežna) in 8 % (močno snežna) – meja, ki v inženirstvu določa dimenzioniranje varnostnih prelivov.

Frekvenčni preobrat: Ekstremni dogodki postanejo pravilo

Dnevni model
Dogodek postane redkejši: Pojavnost pade na vsakih 170–195 let.



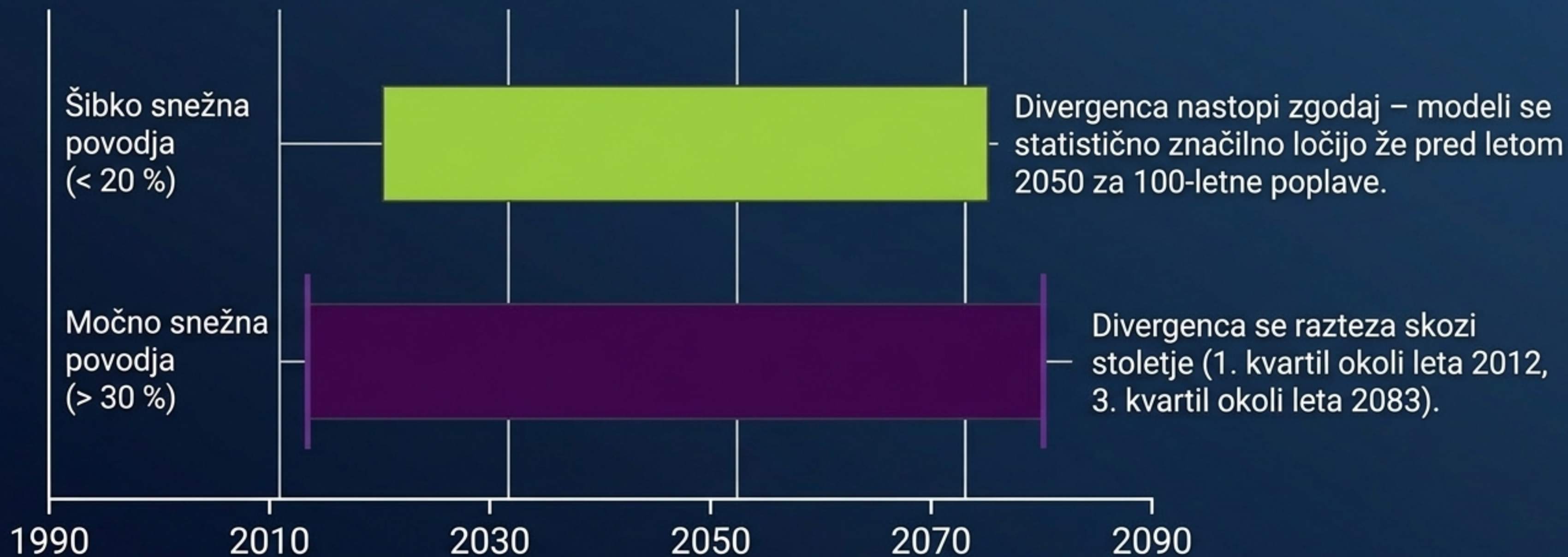
Urni model
Dogodek postane **pogostejši**:
Pojavnost naraste na vsakih 45–80 let.

Dnevni modeli inženirjem sporočajo, da se bo frekvenca rušilnih poplav prepolovila.

Urni modeli dokazujejo, da se bo tveganje v resnici več kot podvojilo.

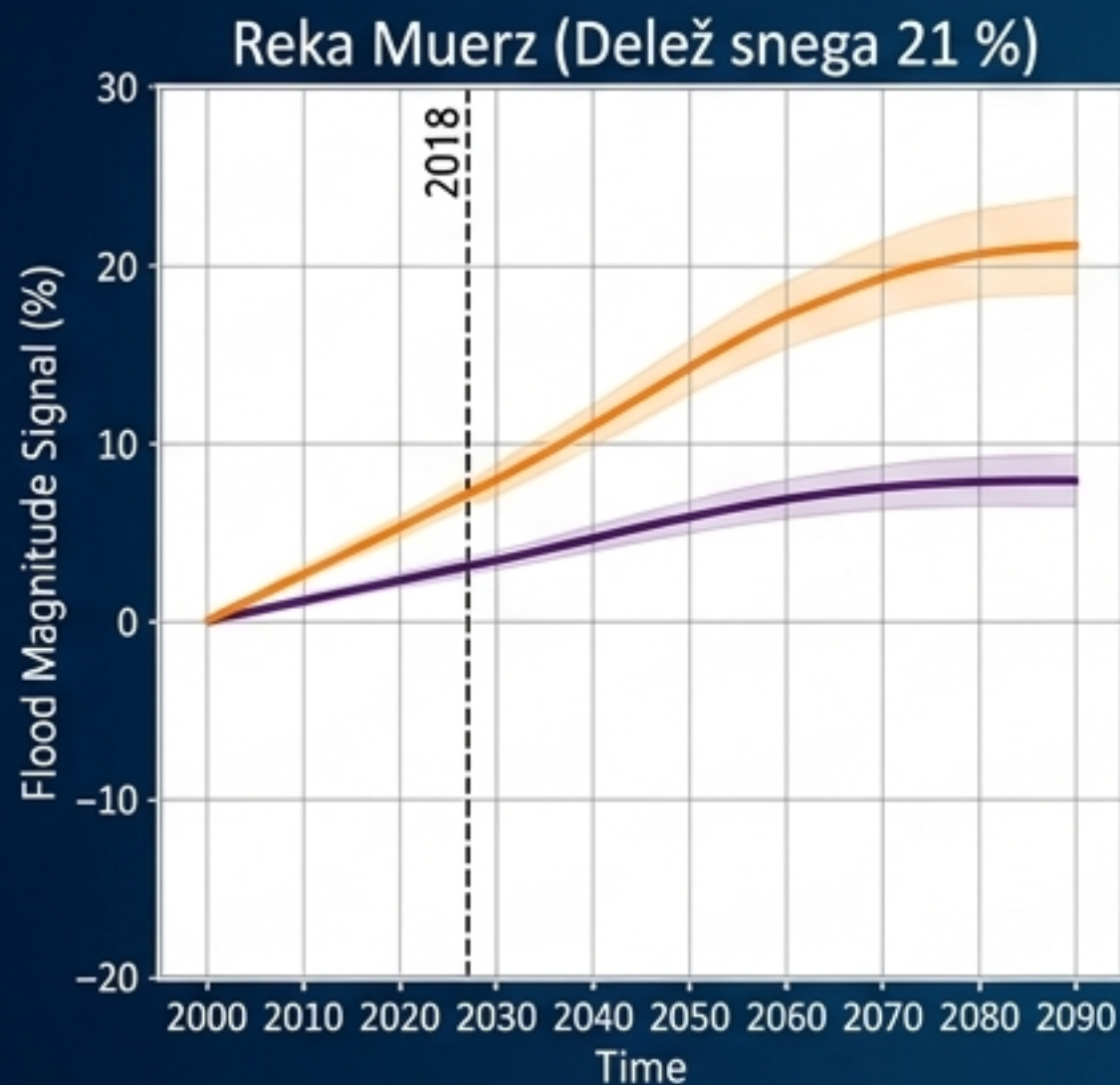
Načrtovanje po dnevnih modelih vodi v poddimenzioniranje sistemov.

Časovnica prelomne točke: Kdaj dnevni modeli razpadejo?

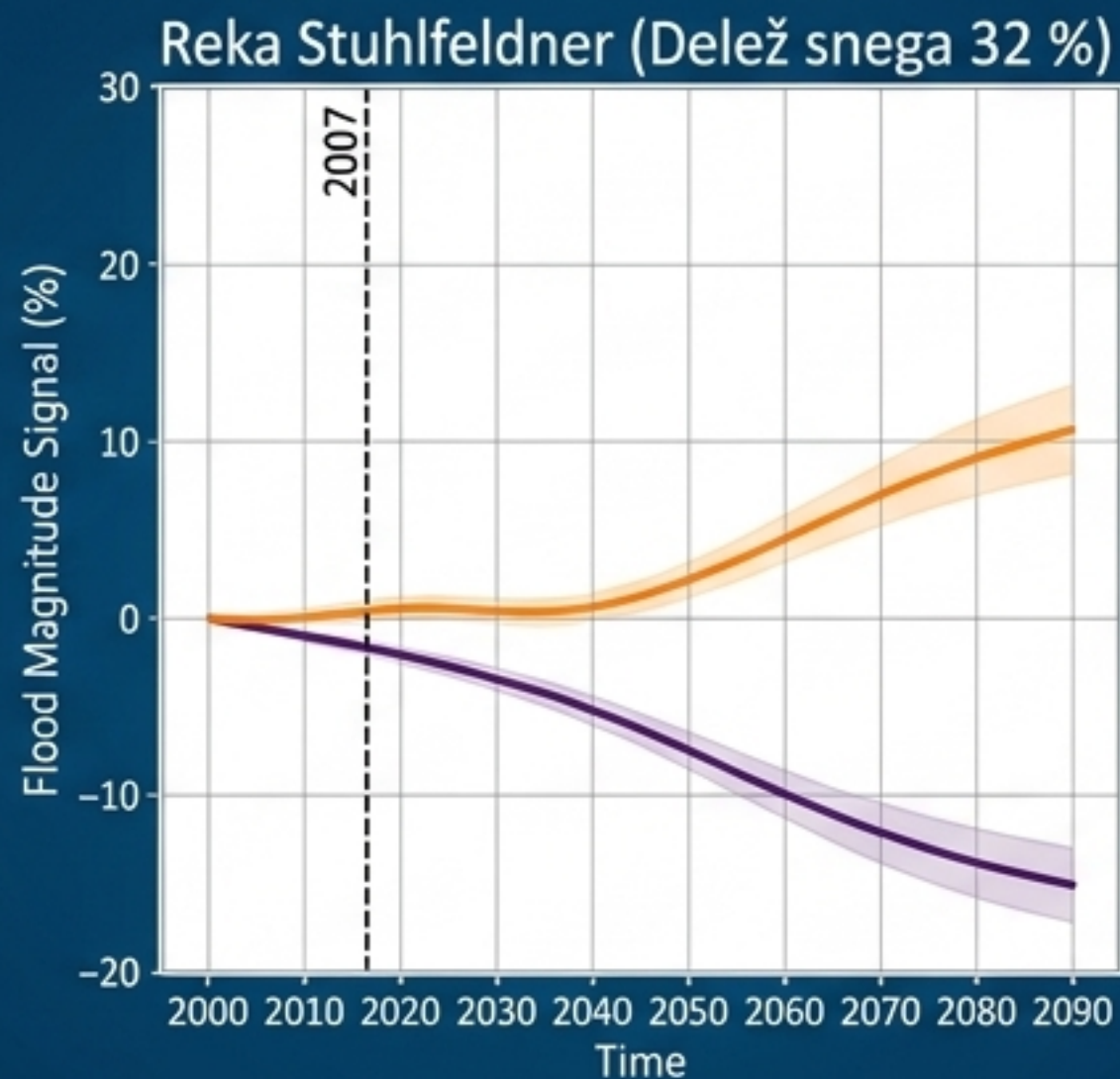


Analiza notranje podnebne variabilnosti potrjuje: razlika med urno in dnevno projekcijo bo za več kot 75 % povodij postala statistično pomembna še pred koncem stoletja.

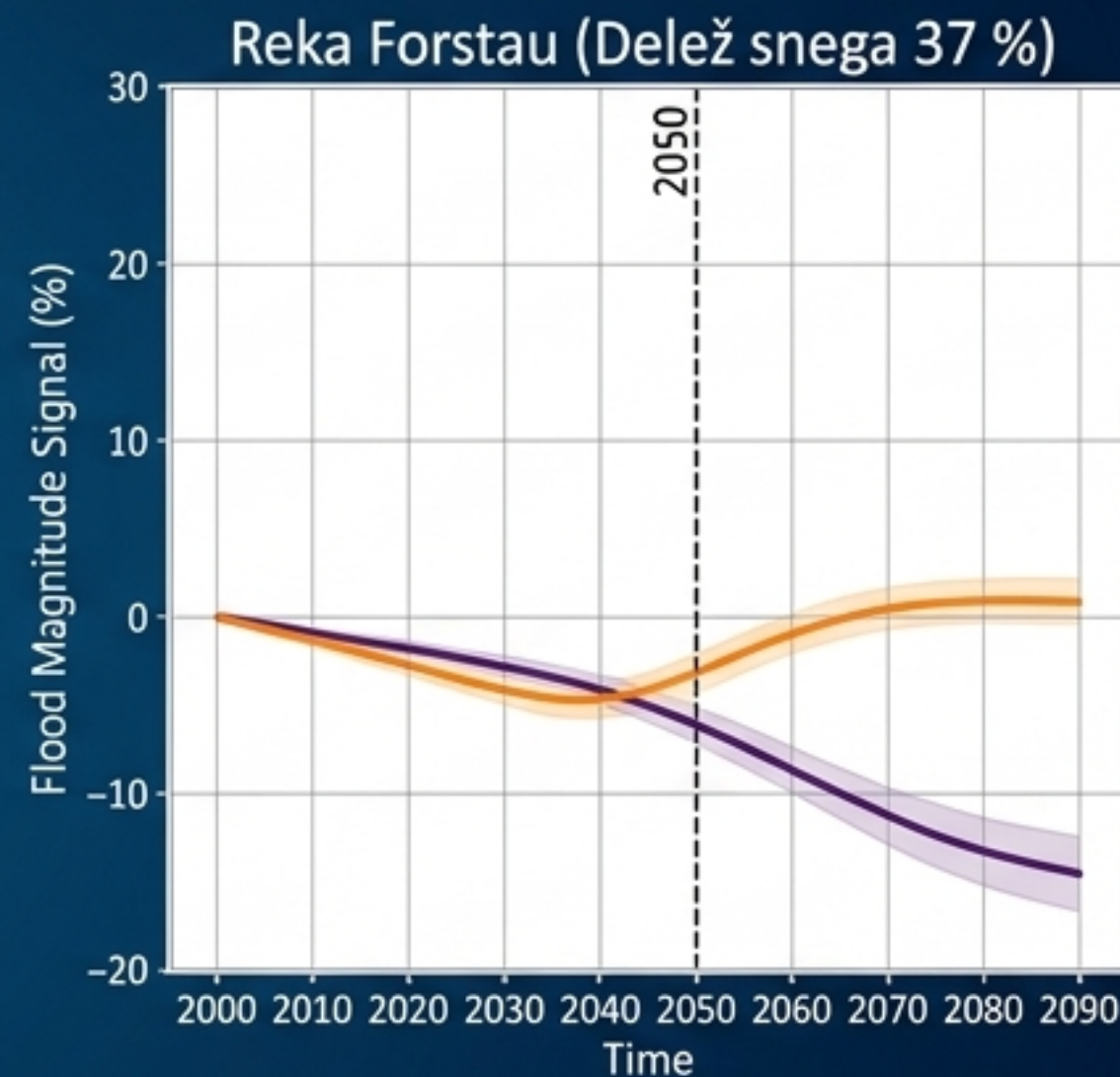
Transientna dinamika: Študije primerov



Divergenca: 2018. Oba modela kažeta rast, vendar urni model doseže +21 %, medtem ko dnevni ostane pri +8 %.

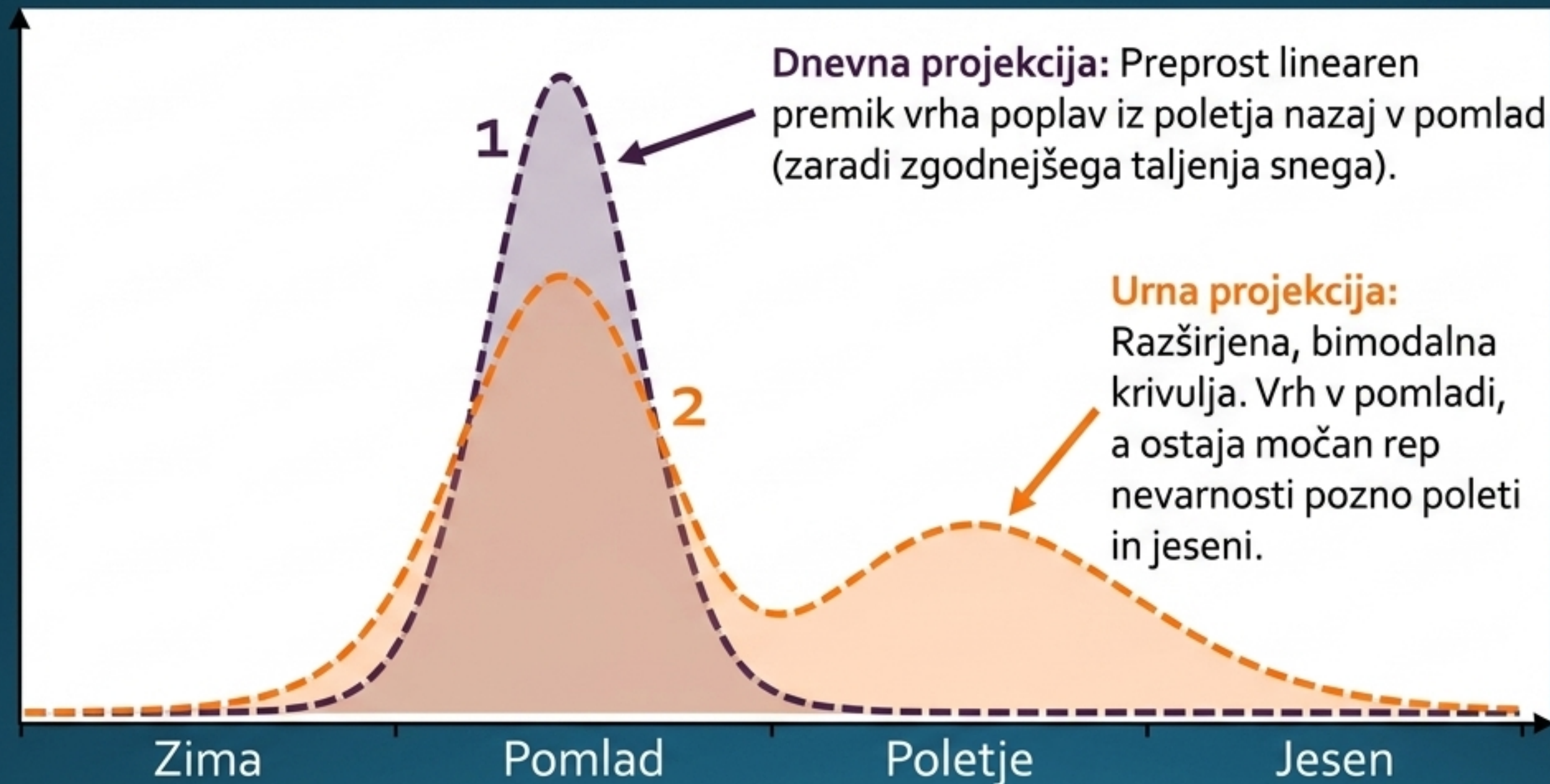


Divergenca: 2007. Dnevni model kaže neprekinjen strm padec (-16 %). Urni model ostane stabilen, nato pa po letu 2040 naraste na +10 %. Popolno nasprotje.



Divergenca: 2050. Dnevni kaže padec (-15 %). Urni model se povrne na stanje brez sprememb.

Transformacija sezonskih režimov



Dnevni modeli sugerirajo varno jesen. Urni podatki opozarjajo na prehod v bimodalni režim: poplave, ki jih poganja taljenje snega (pomlad), in poplave, ki jih poganjajo ekstremni nalivi (pozno poleti in jeseni). Ogromne posledice za upravljanje vodnih akumulacij.

Presečišče dejavnikov: Zakaj urni model vidi tisto, kar dnevnemu uide



Manj ekstremnega taljenja snega (zmanjšuje poplavni val).

Urno stopnjevanje ekstremnih padavin (>40 % povečanje za urne padavine vs. >20 % za dnevne).

Pri urni ločljivosti stopnjevanje sub-dnevni ekstremnih padavin **PREGLASI** upad prispevka taljenja snega. Tekočinska dinamika urnega naliva v goratem terenu ustvari trenutni vršni pretok, ki je matematično neodvisen od dnevne vsote snega.

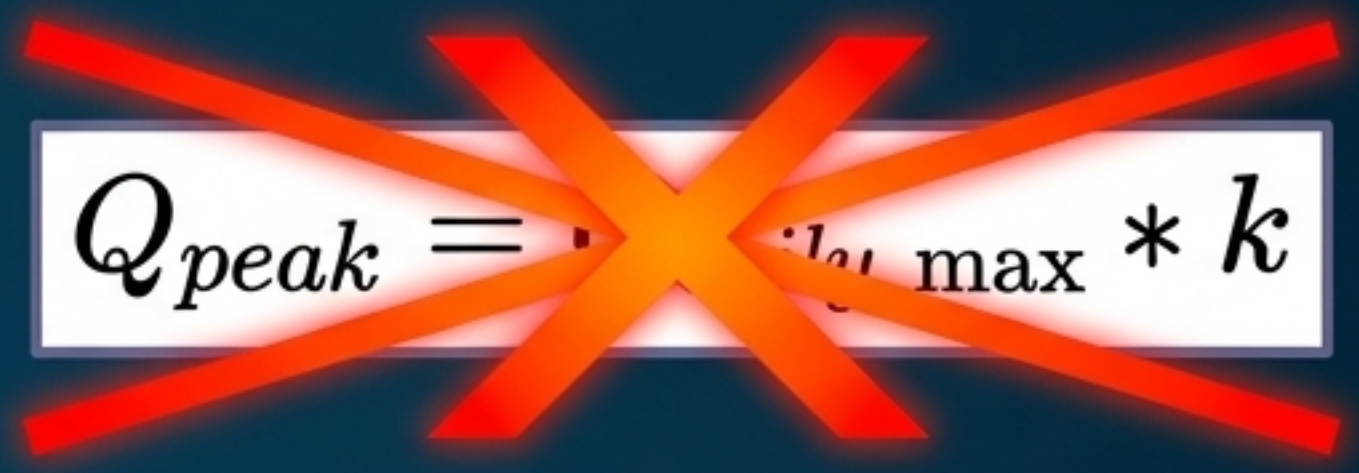
Inženirska past: Mit fiksnega razmerja

Stara praksa

Mnoge inženirske študije zgolj pomnožijo dnevne maksimalne pretoke s fiksnim faktorjem, da ocenijo trenutne (urne) vršne pretoke.

$$Q_{peak} = Q_{daily_max} * k$$

Nova resničnost


$$Q_{peak} = Q_{daily_max} * k$$

Razmerje med dnevnimi in sub-dnevnimi vrhovi je NESTACIONARNO.

Ker **urni ekstremi rastejo bistveno hitreje** kot dnevni ekstremi, se ta koeficient k v podnebno spremenjenem svetu **nenehno spreminja**. Uporaba preteklih razmerij za prihodnje dimenzioniranje zagotavlja **strukturni neuspeh** inženirskih objektov.

Redefiniranje protipoplavne zaščite

Podatkovna hibridizacija



Zanašanje zgolj na projekcije dnevne ločljivosti za načrtovanje prelivov in zadrževalnikov ni več strokovno sprejemljivo, posebej za alpska in hribovita povodja.

Dimenzioniranje za hudourniške poplave (Flash Floods)

Kljub manjšim količinam snega je treba dimenzionirati infrastrukturo za intenzivnejše, hudourniške poplavne valove, ki nastanejo zaradi okrepljenih sub-dnevni naličvov.

Fleksibilnost upravljanja



Zaradi bimodalnega premika sezon (poplave niso več vezane le na poletje/pomlad) morajo jezovi in hidroelektrarne prilagoditi svoje celoletne obratovalne in varnostne krivulje.

Za zanesljivo usmerjanje prilagoditvenih strategij na ekstremne poplave v toplejšem svetu je ključna urna perspektiva. (Astagneau et al.)